

Nouvelle approche pour mesurer *Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus* aux fins d'évaluations de stocks

Eddie N. Laboy-Nieves¹ et Jesús E. Conde²

Résumé

Des mesures ont été effectuées pour déterminer la longueur du corps ainsi que le poids frais et sec d'*Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus* provenant d'habitats situés à faible profondeur (< 4 m). Une nouvelle approche pour mesurer la longueur du corps a consisté à immerger les spécimens dans de l'eau de mer froide (± 8 °C) dans laquelle ils atteignent une contraction maximale en moins de 10 secondes. Une minute plus tard environ, les spécimens ont été mesurés et pesés, puis relâchés dans leur habitat. Notre méthode a été comparée à celle de Yingst (1982), qui obtenait une contraction maximale des spécimens par friction manuelle pour mesurer la longueur de leur corps. Bien que ces deux techniques ne présentent aucune différence majeure ($t = 1,65$), la nouvelle méthode a permis d'obtenir des mesures du corps fiables et s'est avérée adéquate pour évaluer rapidement sur site la répartition des holothuries par taille. Elle a également réduit la période d'éloignement des holothuries de leur habitat et les perturbations inhérentes aux manipulations. Les équations de régression établissant la corrélation des caractéristiques biométriques des deux espèces ont été déterminées et peuvent être appliquées pour évaluer les stocks et la biomasse dans le cadre des études sur le terrain, sans pour cela sacrifier des holothuries.

Introduction

L'obtention de mesures précises d'animaux à corps mou est une tâche difficile pouvant déboucher sur des données erronées. Dans le cas de nombreux invertébrés, comme le poids est souvent une fonction du cube de la longueur, les erreurs de mesure linéaire sont amplifiées lorsqu'il s'agit de déterminer les poids (Crisp 1990). La situation est évidente chez l'holothurie en raison de sa contractilité élevée (Pérez-Ruzafa et Marcos-Diego 1985; Conand 1990, 1993a), des difficultés à différencier les adultes contractés des juvéniles allongés (Laboy-Nieves 1997), et des informations lacunaires sur leur comportement et leur histoire biologique (Cutress 1996).

Les holothuries *Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus*, qui se nourrissent de sédiments, comptent parmi les plus grandes et les plus répandues dans les eaux peu profondes des Caraïbes. Elles colonisent ouvertement les herbiers, les fonds boueux des mangroves, les canaux et les substrats sablonneux à proximité des récifs coralliens (Laboy-Nieves 1997; Guzman et Guevara 2002). Leur aire de répartition s'étend aux côtes circumtropicales de l'océan Atlantique (Hendler et al. 1995).

Les holothuries sont pêchées depuis des siècles dans la région indo-pacifique (Conand 2004; Muthiga et Conand 2006) et des indices confirment un déclin des populations et certaines extinctions localisées (Samyn et al. 2005). Depuis l'épuisement des stocks d'holothuries en Asie, les efforts de pêche se concentrent sur les Amériques. L'exploitation anarchique des holothuries a atteint son paroxysme lorsque les Îles Galapagos ont été le théâtre de la tristement célèbre guerre du concombre (*guerra de los pepinos*) qui a attiré l'attention de la communauté internationale en 1994-1995 (Conde 1996; Toral-Granda et Martínez 2004). Au Mexique, la pêche d'*Isostichopus fuscus* durait depuis plus de 10 ans lorsqu'elle a

été interdite en raison d'une soi-disant menace d'extinction de l'espèce (Fuente-Betancourt et al. 2001). Au Panama, la pêche non réglementée a entraîné une surexploitation. (Guzman et Guevara 2002). Les holothuries – y compris les espèces revêtant une valeur commerciale – jouent un rôle important dans le recyclage des nutriments, ce qui accroît la productivité benthique des écosystèmes coralliens. L'élimination des holothuries par la pêche peut réduire la productivité globale des récifs coralliens touchés (Uthicke et al. 2004).

Bien que des données existent déjà sur la longueur du corps d'*H. mexicana* et d'*I. badionotus*, l'information disponible reste principalement limitée à des valeurs moyennes. Seuls Laboy-Nieves (1997) ainsi que Guzman et Guevara (2002) ont présenté des données de corrélation entre la longueur et le poids de ces espèces qui pourraient s'avérer utiles pour la surveillance sur site et l'évaluation des stocks. Cependant, les auteurs s'inquiètent du nombre de méthodes utilisées pour mesurer les holothuries tropicales. Cette situation pose plusieurs problèmes: 1) il est difficile d'établir des comparaisons, 2) la plupart des méthodes exigent de perturber physiquement les spécimens, 3) relâcher les holothuries après les avoir immergées dans une solution de permanganate de potassium (KMnO_4) est une procédure particulièrement laborieuse, et 4) les mesures de longueur effectuées sous l'eau peuvent être propices à l'erreur. Le présent document a pour but de 1) fournir une méthode d'évaluation des stocks sur site simple et économique en mesurant la longueur contractée de ces espèces, et de 2) déterminer le rapport entre la longueur et le poids pour établir des équations de régression entre ces variables.

Méthode

Une centaine de spécimens de chaque espèce a été ramassée de jour, à la main et au hasard, dans les eaux de

1. Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad del Turabo, Puerto Rico 00778. Courriel: elaboy@mail.suagm.edu
2. Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, Venezuela.

faible profondeur (< 4 mètres) du parc national de Morrocoy, au Venezuela (10°52' N, 68°16' O, température moyenne de l'eau voisine de 29 °C, Laboy-Nieves 1997). Un pied à coulisse et une balance ont été utilisés pour mesurer respectivement le poids frais et la longueur des spécimens contractés. La longueur a été déterminée en modifiant la méthode décrite par Yingst (1982). Au lieu d'obtenir une contraction maximale des spécimens par friction manuelle (Yingst 1982), la longueur a été mesurée de la bouche au podia anal, suivant la face latérale, après avoir immergé les spécimens dans un seau d'eau de mer froide et de glaçons. La ligne dorsale n'a pas été prise en considération, car *H. Mexicana* héberge un épibiote complexe et est recouverte d'autres matériaux solidement fixés (*I. badionotus* ne révèle aucun épibiote). Les ambulacres ventraux n'ont pas non plus été pris en considération, car les deux espèces forment un arc plus aigu après avoir atteint la contraction maximale. Une expérience a été réalisée afin de déterminer la température de l'eau qui déclenchait la contraction la plus rapide des holothuries. Il s'est avéré que les contractions intervenaient cinq secondes environ après l'immersion dans de l'eau à 10 °C ou moins. Les deux méthodes ont été comparées.

Les spécimens ont été placés dans un seau immergé à proximité du bateau, puis placés un par un dans un autre seau contenant de l'eau de mer froide. Une fois contractés leurs longueurs ont été mesurées. Ensuite, les échinodermes ont été relâchés dans leur habitat. Trente spécimens ont été sacrifiés en vue d'estimer le poids sec. Pour ce faire, ils ont été éviscérés et vidés de leur matériel épibiotique puis séchés au four à 80 °C pendant deux jours. Le poids éviscéré n'a pas été pris en considération car les spécimens ont été initialement pêchés pour les besoins d'une étude en cours sur le contenu en nutriments et la bioaccumulation d'éléments. Les équations de régression ont été déterminées en corrélant ces mesures.

Résultats

La taille de *H. mexicana* et de *Isostichopus badionotus* est assez différente. *H. mexicana* (poids frais) est constituée d'eau et de matières fécales à 88,8 %; cette valeur est de 95,6 % pour *I. badionotus*. Le tableau 1 fournit des informations statistiques descriptives de la longueur contractée et du poids frais pour les deux espèces. Les analyses ont révélé que la longueur et le poids d'*H. mexicana* étaient respectivement de 172,1 % et 273,7 % supérieurs à ceux d'*I. badionotus* (tableau 1). La longueur contractée de la plupart des spécimens (74 %) d'*H. mexicana* se situait entre 20 et 30 cm tandis que dans le cas d'*I. badionotus*, 77 % des valeurs se situaient entre 10 et 20 cm (figure 1). Les spécimens examinés ($x > 6,5$ cm, Cutress 1996) étaient adultes dans environ 95 % des cas. Les seuls juvéniles ramassés étaient des *I. badionotus*.

Tous les spécimens ont atteint une contraction maximale en moins de 10 secondes après avoir été immergés dans de l'eau froide. Les petits se sont contractés plus rapidement que les grands. Il a fallu environ une minute pour peser et mesurer chaque individu. Une fois mesurées, les holothuries ont été relâchées dans leur habitat où elles ont repris leurs activités normales après une dizaine de minutes. Certains individus (sept *H. mexicana* et quatre

I. badionotus) ont pondu après avoir été réintroduits dans l'eau tiède.

Le tableau 2 contient les équations de régression et les coefficients de corrélation correspondant aux variables biométriques d'*H. mexicana* et d'*I. badionotus*. Une corrélation étroite a été établie, pour les deux espèces, entre la longueur contractée et le poids frais. Par ailleurs, il a été constaté que la longueur contractée était nettement et directement proportionnelle aux poids frais et sec d'*H. mexicana* et au poids frais d'*I. badionotus*. Dans le cas du poids frais et sec, seule *H. mexicana* révélait d'importantes différences.

Aucune différence majeure ($t_s = 1,65$, $p = 0,121$) n'a été constatée après avoir comparé la longueur contractée à l'aide de la méthode de Yingst puis à l'aide de la procédure utilisée par les auteurs du présent document. La technique de Yingst passe par une friction manuelle des spécimens pour obtenir une contraction, mais cette manipulation peut endommager l'épiderme fragile d'*I. badionotus* et elle est parfois suivie d'une éviscération. En ce qui concerne *H. mexicana*, la friction manuelle a entraîné l'élimination de l'épibiote et d'autres fragments de débris marins collés à la peau. Pour la personne chargée de manipuler les holothuries, la méthode de Yingst provoque parfois de petites éraflures et de légères blessures occasionnées par des éléments durs (coquilles, cailloux, fragments de corail) fixés au corps *H. mexicana*. Notre méthode consistant à immerger les spécimens dans de l'eau froide comportait moins de risques que celle de Yingst, car les animaux n'étaient pas exposés aux perturbations inhérentes aux manipulations, sauf au moment d'être prélevés du substrat.

Discussion

L'absence d'une méthode normalisée pour mesurer la longueur des holothuries et, par conséquent, leur biomasse dans le cadre d'évaluation des stocks et de modélisation, pose des difficultés dès lors qu'il s'agit de comparer des données et de suivre des variations. Bien que chaque auteur recherche les données les plus objectives (Pérez-Ruzafa et Marcos-Diego 1985), la variété des méthodes et la complexité relative de certaines d'entre elles, déjouent les tentatives de normalisation. Conand (1989), cité par Dalzell et al. (1996), a rencontré différents problèmes liés à la plasticité des holothuries lorsqu'elle s'est proposé de mesurer leur taille linéaire. Elle a par la suite privilégié l'utilisation du ratio des gonades fraîches par rapport au poids ouvert (Conand 1993a) ou le poids pour exprimer la fréquence de taille (Conand 1995). Conand et Byrne (1993) ont reconnu que la diversité des techniques utilisées pour recenser les holothuries limitait les comparaisons de données et que des statistiques adéquates devraient être normalisées. À l'instar des auteurs du présent document, Conand (1993b) a procédé à des associations biométriques entre la longueur totale et le poids frais total, mais n'a pas spécifié la méthode utilisée pour mesurer la longueur totale.

Dans le cas particulier d'*Holothuria mexicana* et *Isostichopus badionotus*, Sloan (1979) a utilisé la biomasse au lieu des mesures linéaires. Hammond (1982) a mesuré la longueur allongée moyenne, Yingst (1982) a préféré mesurer

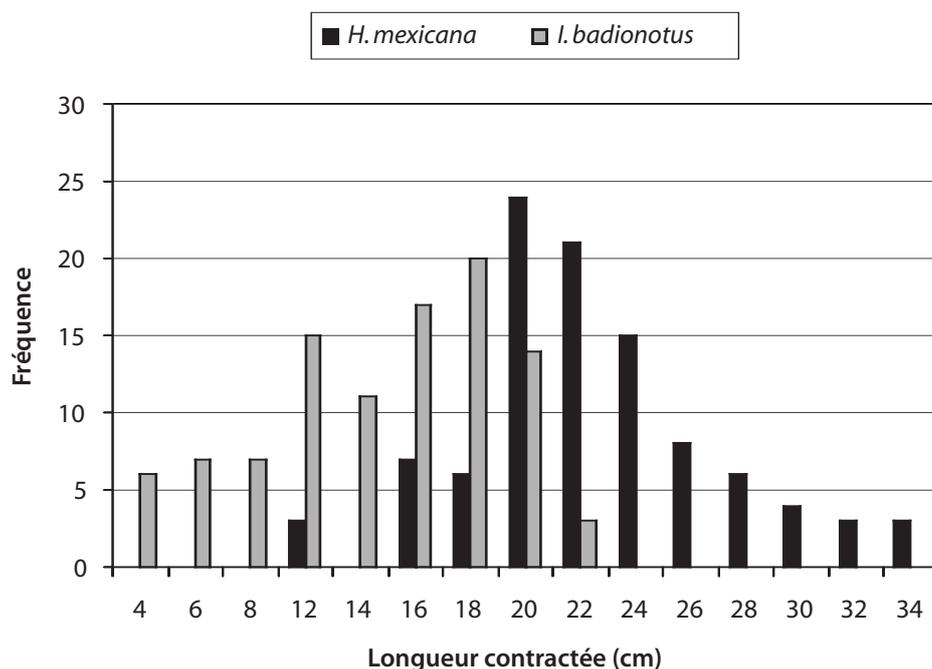


Figure 1. Répartition d'*Holothuria mexicana* et d'*Isostichopus badionotus* par longueur contractée (ANOVA F = 260,37**)

Tableau 1. Longueur contractée (cm) et poids frais (g) d'*Holothuria mexicana* et d'*Isostichopus badionotus*

	<i>Holothuria mexicana</i>		<i>Isostichopus badionotus</i>	
	Longueur	Poids	Longueur	Poids
Moyenne	23,4	561,9	13,61	204,8
(écart-type)	(4,64)	(212,3)	(4,26)	(62,3)
Fourchette	12,2–5,6	163–1205	4,1–21,3	79–355

Tableau 2. Équations de régression pour la longueur contractée (CL), le poids frais (WW) et le poids sec (DW) d'*Holothuria mexicana* et d'*Isostichopus badionotus*. Les valeurs significatives (0,01 < P < 0,05) sont indiquées par un astérisque (n = 30, à l'exception de la longueur contractée et du poids frais: n = 100)

	<i>Holothuria mexicana</i>	<i>Isostichopus badionotus</i>
Longueur contractée et poids frais	CL = 11,514 + 0,021 x WW r = 0,97**	WW = 27,505 + 13,034 x CL r = 0,89**
Longueur contractée et poids sec	CL = -70,610 + 5,724 x DW r = 0,76*	DW = 4,226 + 0,371 x CL r = 0,24
Poids frais et poids sec	DW = -15,613 + 0,143 x WW r = 0,84**	DW = 1,630 + 0,037 x WW r = 0,54*

la longueur contractée après avoir frictionné les spécimens, Sambrano (1987) a anesthésié ses spécimens pour en mesurer l'allongement maximal, et Guzman et Guevara (2002) ont immergé les holothuries dans du permanganate de magnésium et ont attendu environ cinq minutes avant de mesurer l'allongement.

La méthode initiale de Yingst (1982) répond à une approche pratique de la surveillance rapide sur site. Bien que nous n'ayons pas obtenu de différences majeures à l'issue de notre étude, notre nouvelle approche présente certains avantages sur celle de Yingst, car elle est non seulement plus simple et plus rapide, mais aussi inoffensive, tant pour les animaux que pour les personnes chargées des manipulations. Seul un seau d'eau froide est nécessaire pour contracter les spécimens, qui réagissent immédiatement une fois immergés. Ces facteurs permettent de prélever et de traiter davantage de spécimens lorsque le temps et les ressources sont limités.

Par rapport aux méthodes de Sambrano (1987) et de Guzman et Guevara (2002), notre technique représente une amélioration, car elle évite d'exposer les holothuries à des produits chimiques. Par ailleurs, contrairement à la méthode d'Hammond (1982), notre procédé réduit le temps nécessaire à l'établissement de mesures puisqu'il est inutile d'attendre que les spécimens atteignent une longueur allongée moyenne. Il n'est guère facile de mesurer des spécimens dans de l'eau de mer à température normale (± 29 °C) en régions tropicales, car les manipulations peuvent provoquer une éviscération des individus, des contractions et des étirements intempestifs, ainsi qu'une accélération du rythme respiratoire (observation personnelle). Un avantage de notre méthode consiste à immerger des individus dans de l'eau froide pour déclencher une contraction immédiate qui bloque la respiration cloacale et paralyse les mouvements du corps en moins de 10 secondes. Par conséquent, la manipulation et la mesure des spécimens sont plus rapides sans devoir recourir à l'utilisation de gants ou de produits chimiques pour frictionner ou tranquilliser les individus. Par ailleurs, l'épibiotte type d'*H. mexicana* n'a pas été mécaniquement modifiée, pas plus que le fragile épiderme d'*I. badionotus* n'a été endommagé comme cela a été le cas avec la méthode de Yingst qui requiert une friction des animaux. Notre méthode se traduit par une amélioration pour la personne chargée des opérations parce qu'elle réduit le risque de contact avec les liquides et les solides émanant de l'éviscération, ainsi que les blessures résultant des frictions sur les holothuries couvertes de débris tranchants tels que des coquillages brisés. Cette méthode pourrait également être utilisée pour pêcher les holothuries lorsque des dispositions légales règlementent leur taille.

Bruckner (2005) a souligné que les tailles minimales doivent être basées sur la taille à la première maturité sexuelle. Ce critère est avantageux pour la gestion des ressources halieutiques destinées à l'exportation, car la surveillance de son application est possible sur le marché même. L'approche présente toutefois un inconvénient en ce sens que les animaux rejetés en raison de leur taille insuffisante sont déjà morts, ce qui nuit à la capacité de reproduction du stock et porte un préjudice financier aux pêcheurs (Richmond 1996). En outre, l'uti-

lisation de tailles minimales n'offre aucune garantie de rendements optimaux, pas plus qu'elle ne donne d'indications sur la quantité d'holothuries pêchées. Lorsque la pêche est gérée uniquement en fonction du critère de la taille, les quantités initiales pêchées seront importantes, car tous les individus dont la taille est supérieure à la taille minimale sont susceptibles d'être pêchés. Au fil du temps, les individus plus grands se raréfieront et la pêche annuelle dépendra du nombre d'animaux qui atteignent la taille autorisée.

L'Australie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Îles Fidji et les Tonga ont introduit des tailles minimales pour la pêche d'holothuries, mais les règles sont soit basées sur la longueur de l'animal vivant, soit sur la longueur de l'animal sec, ce qui techniquement pourrait être à l'origine de divergences. Bruckner (2005) a affirmé que le critère de la taille minimale exige d'importantes quantités de données et que la majeure partie du travail incombe au pêcheur qui doit déterminer si chaque spécimen répond à ce critère, une tâche difficile lorsque l'on sait que la longueur d'une holothurie est étroitement liée au comportement de l'animal (selon qu'il est contracté ou pas). La méthode décrite ici (mesure de la longueur contractée) pourrait être une approche pratique de la normalisation des mesures de longueur. D'autres études doivent être menées pour comparer la longueur de l'holothurie contractées avec celle observée à la maturité sexuelle.

Les faibles variations de taille qui ressortent de cette étude indiquent que les populations d'*H. mexicana* et *I. badionotus* se composent principalement d'individus de taille semblable. Il a été constaté que les juvéniles peuplent les eaux plus profondes ou occupent d'autres habitats dans les eaux moins profondes (Cutress 1996). Cette situation s'explique par des rivalités au sein d'une même espèce ou entre espèces, la prédation et la disponibilité de nourriture (Laboy-Nieves 1997), une forte hétérogénéité de l'environnement (Laboy-Nieves et al. 2001), et différentes réactions physiologiques à la pollution (Laboy-Nieves et Conde 2001). Pour des raisons de logistique, tous les spécimens ont été ramassés pendant la journée, une période au cours de laquelle les juvéniles ne sont pas nécessairement actifs et n'exhibent aucun comportement peu explicite (Cutress 1996).

La longueur contractée de chaque espèce est étroitement liée à son poids frais et son poids sec. Bien que le lien entre ces variables se caractérise par des différences particulières, les équations de régression peuvent être appliquées pour évaluer ou estimer la biomasse dans le cadre d'études qui ne nécessitent pas de sacrifier ces animaux. Toutefois, il est impératif de tenir compte de la biologie et de la signification statistique, car aucune statistique ne peut dégager notre responsabilité des conclusions biologiques tirées de données biométriques.

Le fait que toutes les holothuries aient repris leurs activités environ 10 minutes après avoir été relâchées peut indiquer que le choc thermique de cinq secondes n'a eu aucune incidence sur leur état de santé. Les rares pontes observées après la réinsertion des holothuries dans les eaux tièdes sont conformes à l'effet de la stimulation thermique relevé par Mosher (1982), Baskar (2004) et Laxminarayana (2005).

Des membres de la famille Stichopodidae ont fait l'objet d'une surexploitation commerciale en Amérique du Sud (Powell et Gibbs 1995). Une exploitation clandestine de *I. badionotus* a été observée par l'auteur principal et rapportée par Conde (1996). Par conséquent, les facteurs humains peuvent fausser les observations sur site de populations naturelles de n'importe quelle autre holothurie dotée d'une valeur commerciale. Dans l'Est du Venezuela, *I. badionotus* a été exploitée sous surveillance, pendant quelques temps, mais les droits de pêche ont été suspendus en raison du manque d'information relative à la gestion, telles que les distributions des holothuries en fonction de la taille de leur corps et de leur poids (Buitrago et Boada 1996). Ces exemples illustrent le besoin urgent d'évaluer les stocks afin de déterminer la durabilité des ressources d'holothuries.

Pour promouvoir l'acquisition d'un plus grand nombre de données fiables et établir de nouvelles classes et catégories de taille, les facteurs susmentionnés ainsi que d'autres susceptibles d'avoir une incidence sur la taille du corps comme, par exemple, le développement des gonades (Conand 1993a), ou la température et l'oxygène dissout (Laboy-Nieves 1997), doivent être pris en considération. En attendant, la méthode décrite ici peut s'avérer utile pour une évaluation rapide des stocks d'holothuries dans les eaux peu profondes. L'importance des stocks ainsi que toute indication de l'état de ces derniers sont deux paramètres utiles à l'élaboration de stratégies de gestion efficaces. Ces paramètres peuvent alors être utilisés pour indiquer les niveaux de prise futurs qui permettent d'exploiter durablement les holothuries. Les systèmes de gestion des espèces aquatiques se caractérisent par une complexité variable, allant des modèles d'évaluation des stocks, qui reposent sur un volume important de données relatives aux prises et à la surveillance, à l'application de mesures relativement simples telles que les zones interdites et les tailles minimales autorisées. Selon la nature de la ressource, un système de gestion efficace ne doit pas nécessairement demander des mesures nombreuses et complexes pour pouvoir exploiter durablement la ressource. Cependant, l'équilibre est délicat entre l'autorisation de pêche à des niveaux probablement durables, et une prudence suffisante pour éviter toute menace à la survie des espèces.

Remerciements

Les auteurs remercient Carlos Carmona de son aide précieuse lors des recherches bibliographiques, ainsi qu'Antonio Boada et Edlin Guerra de leur assistance sur le terrain.

Bibliographie

- Bruckner A.W. 2005. Management and conservation strategies and practices for sea cucumbers: p. 1–35. In: Bruckner A.W. (ed). The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum 44. 239 p.
- Buitrago J. and Boada J.A. 1996. La pesca de la holoturia *Isostichopus badionotus* en el oriente de Venezuela. Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle 61:33–40.
- Conand C. 1989. Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, exploitation. Études et thèses. OSTOM, Paris.
- Conand C. 1990. The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper No. 272.2. 143 p.
- Conand C. 1993a. Reproductive biology of the characteristic holothurians from the major communities of the New Caledonia lagoon. Marine Biology 116:439–450.
- Conand C. 1993b. Ecology and reproductive biology of *Stichopus variegatus*: An Indo-pacific coral reef sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). Bulletin of Marine Science 52(3):970–981.
- Conand C. 1995. Asexual reproduction by fission in *Holothuria atra*: variability of some parameters in populations from the tropical Indo-Pacific. Oceanologica Acta 19(3–4):209–216.
- Conand C. 2004. Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview. p. 13–23. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J-F. and Mercier A. (eds.). Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. 425 p.
- Conand C. and Byrne M. 1993. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. Marine Fisheries Review 55(4):1–13.
- Conde J.E. 1996. Pepinos-do-mar. sobre sushi, sedimentos e coíça. Ciencia Hoje 20(117):36–42.
- Crisp D.J. 1990. Energy flow measurements. p. 284–372. In: N.A. Holme and A.D. McIntyre (eds), Methods for the study of marine benthos. Blackwell Scientific Publications. London.
- Cutress B.M. 1996. Changes in dermal ossicles during somatic growth in Caribbean littoral sea cucumbers (Echinoidea: Holothuroidea: Aspidochirotida). Bulletin of Marine Science 58(1):44–116.
- Dalzell P., Adams T.J.H. and Polunin N.V.C. 1996. Coastal Fisheries in the Pacific Islands. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review 34:395–531.
- Fuente-Betancourt M.G., Jesús-Navarrete A., Sosa-Cordero E. and Herrero-Perezrul M.D. 2001. Assessment of the sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea) as potential fishery resource in Banco Chinchorro, Quintana Roo, Mexico. Bulletin of Marine Science 64:59–67.
- Guzman H. and Guevara C.A. 2002. Population structure, distribution and abundance of three commercial species of sea cucumbers (Echinodermata) in Panama. Caribbean Journal of Science 38(3–4): 230–238.
- Hammond L.S. 1982. Patterns of feeding and activity in deposit holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. Bulletin of Marine Science 32:549–571.

- Hendler G., Miller J.E., Pawson D.L. and Kier P.M. 1995. Sea stars, sea urchins, and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. USA. 390 p.
- Laboy-Nieves E.N. 1997. Factores que limitan la distribución y abundancia de *Isostichopus badionotus* y *Holothuria mexicana* en el Parque Nacional Morrocoy. Doctoral Dissertation. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas, Venezuela. 279 p.
- Laboy-Nieves E.N. and J.E. Conde. 2001. Metal levels in eviscerated tissue of shallow-water deposit-feeding holothurians. *Hydrobiologia*. 459(1-3):19-26.
- Laboy-Nieves E.N., Klein K., Conde J.E., Losada F., Cruz J.J. and Bone D. 2001. Mass mortality of tropical marine communities in Morrocoy, Venezuela. *Bulletin of Marine Science* 68(2):163-179.
- Laxminarayana, A. 2005. Induction de la ponte et élevage des larves des holothuries *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra* à l'île Maurice. *La Bêche-de-mer*, *Bulletin de la CPS* 22:48-52.
- Mosher C. 1982. Spawning behavior of the aspidochirote holothurian *Holothuria mexicana* Ludwig. p. 467-468. In: J.M. Lawrence (editor), International Echinoderm Conference. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Muthiga, N and Conand, C. (eds) 2006. Regional sea cucumber project: Proceedings of the start-up workshop, Mombasa Kenya, 26-29 January 2006. 20p.
- Pérez-Ruzafa A. and Marcos-Diego C. 1985. Técnicas de recolección y estudio en la clase *Holothuroidea* y generalidades, sistemática, ecología, biología y comportamiento. *Anales de Biología* 3:13-35.
- Powell J.R. and Gibbs J.P. 1995. A report from Galápagos. *Trends in Ecology and Evolution* 10(9):351-354.
- Richmond R.H. 1996. Suggestions for the management of sea cucumber resources in Micronesia. Results of the workshop "A Regional Management Plan for a Sustainable Sea Cucumber Fishery for Micronesia". Technical Report 101. University of Guam Marine Laboratory. 68 p.
- Sambrano A. 1987. Actividad sedimentívora de *Holothuria mexicana* e *Isostichopus badionotus* (Echinodermata: Holothuroidea) en bajos de *Thalassia*. Tesis de Licenciatura. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. 135 p.
- Samyn Y., Vanden Spiegel D. and C. Massin. 2005. Les holothuries de l'archipel des Comores. *La Bêche-de-Mer*, *Bulletin de la CPS* 22:14-18.
- Sloan N.A. 1979. Microhabitat and resource utilization in cryptic rocky intertidal echinoderms at Aldabra Atoll, Seychelles. *Marine Biology* 54:269-279.
- Toral-Granda M.V. and Martinez P.C. 2004. Population density and fishery impacts on the sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the Galapagos Marine Reserve: p. 91-100. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J-F. and Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. 425 p.
- Uthicke S., Welch D. and Benzie J.A.H. 2004. Slow growth and lack of recovery in overfished holothurians on the Great Barrier Reef: Evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys. *Conservation Biology* 18(5):1395-1404.
- Yingst J.Y. 1982. Factors influencing the rates of sediment ingestion by *Parastichopus parvimensis* (Clark), an epibenthic deposit-feeding holothurian. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 14:119-134.